

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.298.09, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 25.05.2022 № 16

О присуждении Фадюшину Денису Вячеславовичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение характеристик пневматических роторных машин за счет модификации геометрических параметров планетарного механизма» по специальности 05.02.02 – «Машиноведение, системы приводов и детали машин» принята к защите 23.03.2022 г., (протокол заседания № 6) диссертационным советом Д 212.298.09, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», 454080, г. Челябинск, проспект В.И. Ленина, д. 76, приказ о создании диссертационного совета Д 212.298.09 № 105/нк от 11 апреля 2012 г.

Соискатель Фадюшин Денис Вячеславович, 29.04.1987 года рождения, в 2021 г. окончил магистратуру ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет» по направлению подготовки «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Соискатель Фадюшин Денис Вячеславович обучался в очной аспирантуре ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет» с 01.09.2013 г. по 04.09.2017 г.

С 16.01.2013 г. и по настоящее время работает инженером в ФГБОУ ВО

«Курганский государственный университет» на кафедре «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты».

Диссертация выполнена на кафедре «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Курганский государственный университет».

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Волков Глеб Юрьевич, заведующий кафедрой «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

1. Трубачев Евгений Семенович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Конструкторско-технологическая подготовка машиностроительных производств» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», директор научного подразделения «Институт механики имени профессора Гольдфарба В.И.», г. Ижевск;

2. Сызранцев Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой «Машины и оборудование нефтяной и газовой промышленности» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, в своем положительном отзыве, подписанном Пашковым Евгением Николаевичем, кандидатом технических наук, доцентом, исполняющим обязанности руководителя Отделения общетехнических дисциплин и Ефременковым Егором

Алексеевичем, кандидатом технических наук, исполняющим обязанности руководителя Отделения машиностроения указала, что диссертационная работа соответствует критериям, установленным пп. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор Фадюшин Д. В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.02 – Машиноведение, системы приводов и детали машин.

Соискатель имеет 19 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 15 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 9 работ.

Наиболее значимые публикации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:

1. Волков Г.Ю. Геометрический расчет планетарного механизма с одинаковым числом зубьев центральных колес внешнего и внутреннего зацепления / Г.Ю. Волков, Д.В. Фадюшин // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – М., 2020. – № 3. – С. 27-31 (5с./2с.).

2. Волков Г.Ю. Пути снижения остаточных объемов в планетарных роторных гидромашинах с плавающими сателлитами / Г.Ю. Волков, В.В. Смирнов, Д.В. Фадюшин // Сборка в машиностроении, приборостроении. М., 2020. – № 2 – С. 86–90 (5с./2с.).

3. Волков Г.Ю. Особенности геометрического проектирования планетарных роторных гидромашин с выстоями сателлитов / Г.Ю. Волков, Д.В. Фадюшин // Сборка в машиностроении, приборостроении. М., 2020. – Т. 21. – № 10 – С. 472–478 (7с./3с.).

4. Волков Г.Ю. Динамические условия повышения структурной устойчивости рабочего механизма планетарно-роторной гидромашин / Г.Ю. Волков, Д.В. Фадюшин // Справочник. Инженерный журнал с приложением. М., 2020. – № 10. – С. 33-39 (7с./3с.).

5. Фадюшин Д.В. Подводящие каналы в планетарных роторных гидро- и пневмомашин, с числами волн центральных колес, отличающимися на единицу

/ Д.В. Фадюшин, Г.Ю. Волков // Сборка в машиностроении, приборостроении. М., 2021. – Т. 22. – № 10 – С 438–444 (10с./3с.).

На диссертацию и автореферат поступило 11 отзывов. Замечания, отмеченные в отзывах:

1) *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»: Сафаров Дамир Тамасович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Материалы, технологии и качество»* Замечания:

1. На рис. 15, 16, 17 не приведены графики изменения p от n известных ПРМ, что затрудняет понимание достигнутой результативности спроектированных экспериментальных устройств.

2. Отсутствует общая информация о необходимой степени точности и требования материалу деталей ПРМ для разработки конструкторско-технологической документации для последующего освоения изделий по серийной технологии.

2) *Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет Петра Великого» Евграфов Александр Николаевич, канд. техн. наук, заведующий кафедрой «Теория машин и механизмов».* Замечания:

1. В формуле 15 на с. 18 учтены силы инерции, действующие на спутник, поэтому эту формулу корректнее назвать не уравнением равновесия спутника (он все-таки движется), а уравнением кинестатики.

3) *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» Чернышев Андрей Владимирович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Вакуумная и компрессорная техника».*

Замечания:

1. В автореферате не в полной мере освещен п.3 научной новизны, связанный с увеличением структурной устойчивости планетарно-роторной машины из-за действия инерционных сил.

2. В кратком изложении пятой главы диссертации описаны модели планетарно-роторных машин, изготовленные из стали и полиамида-М. Автором не прокомментированы причины выбора материалов, а также непроанализировано влияние материалов на полученные результаты.

3. В описании экспериментальных исследований автор неоднократно использует размерность «атм», отходя от положений Международной системы единиц.

4) *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»* Волков Андрей Эрикович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Теоретическая механика и сопротивление материалов». Замечания:

1. В названии диссертации и в формулировке цели использовано неудачное словосочетание «Повышение характеристик...». Дело в том, что значения одних характеристик могут увеличиваться, например, площадь сечения подводящих каналов, а других уменьшаться, например, остаточные объемы рабочих камер, но и то, и другое будет приводить к улучшению рабочих характеристик планетарно-роторных машин.

2. Из теоретической механики известно, что кориолисово ускорение равно удвоенному векторному произведению переносной угловой скорости на относительную скорость. Переносное и относительное движения представляют собой два независимых движения. Вероятно, переносная угловая скорость на стр. 10 автореферата в таблице 3 обозначена ω_h . В формуле для расчета кориолисовой силы инерции эта скорость присутствует во второй степени, т.е. она использована и для расчета относительной скорости, что вызывает сомнение в ее справедливости.

5) *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения»* Анферов Валерий Николаевич, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Подъемно-транспортные, путевые, строительные и дорожные

машины»; Сыромятин Юрий Николаевич, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Подъемно-транспортные, путевые, строительные и дорожные машины»

Замечания:

1. В автореферате нечетко сформулированы критерии проводимой модификации. Какие характеристики ПРМ повышаются, кроме незначительного увеличения степени сжатия?

2. В автореферате не приведено технико-экономическое сравнение с существующими аналогами такого же назначения. Это важно, так как применяется специальное станочное оборудование для изготовления сложных изделий и соответствующие затраты могут не окупиться.

б) *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова» (БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова) Санников Владимир Антонович, д-р техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Механика деформируемого твердого тела».* Замечания:

1. При проведении экспериментальных исследований, обычно, используются методы планирования эксперимента, теория подобия, обосновываются применяемые критерии подобия, а обработка результатов дается в виде критериальных уравнений. В автореферате такой подход отсутствует.

2. На странице 18 автореферата неясно какой величине равны контактные напряжения в зубьях, когда в динамике (при достаточно большой угловой скорости ω_h) центробежная сила F_{cc} прижимает сателлит к эпициклу, что обеспечивает постоянное касание звеньев 2, 3 по двум сторонам зуба (рис. 10б). Каковы временные действия сил, учитываются ли величины скорости деформации, и какие критерии разрушения в этом случае применялись.

7) *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана», Тимофеев Геннадий Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Теория механизмов и машин»;* Черная Людмила

Александровна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Теория механизмов и машин»: Без замечаний.

8) *ОАО «Электростальский завод тяжелого машиностроения» («ЭЗТМ»), Лагутин Сергей Абрамович, канд. техн. наук, ведущий конструктор по редуكتورостроению*. Замечания:

1. В автореферате не описано, каким образом осуществляется уплотнения торцевых поверхностей сателлитов и ротора, вопрос особенно важный для пневмомашин.

2. Вызывает сомнения и требует обоснования корректность формулы для расчета кориолисовой силы в табл. 3 автореферата.

3. В тексте имеют место отдельные орфографические ошибки, например в слове «предварительно» в подзаголовках табл. 2.

9) *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный технологический университет», Смелягин Анатолий Игоревич, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры «Наземный транспорт и механика»; Приходько Александр Александрович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Наземный транспорт и механика»*. Замечания:

1. В описании к главе 1 автор не приводит принцип работы исследуемых машин. Следует хотя бы указать, что солнечная шестерня является подвижной, а эпициклическое колесо неподвижно. Также отсутствует единство обозначений на рисунке 1: на схеме *а* центральное колесо соединено с помощью шарнирно-неподвижной опоры, на схемах *б* и *в* используется вал со шпонкой, а на рисунках *г-е* вращательная кинематическая пара не показана.

2. Из автореферата неясно, учитывается ли угловое ускорение сателлита и тангенциальное ускорение его центра масс при проведении расчетов сил инерции.

3. В автореферате приводятся фотографии испытательного стенда (рис. 12), выполненного на базе токарно-винторезного станка и планетарно-роторной машины, однако не раскрываются его конструктивные элементы, измерительное оборудование и особенности работы в режиме компрессора и вакуумного насоса.

10) *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тихоокеанский государственный университет», Губарь Сергей Алексеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Двигатели внутреннего сгорания». Замечания:*

1. Исходя из содержания реферата не складывается полное понимание, которой из рассматриваемых схем следует отдать предпочтение, или в зависимости от каких условий и требований эксплуатации следует принимать ту или иную схему ПРМ?

2. Не совсем понятно, из каких соображений сделан вывод о возможном изменении структуры механизма под действием сил?

3. Как сказывается износ рабочих поверхностей зубьев колес на работоспособность механизма ПРМ?

11) *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук», Нахатакян Филарет Гургенович, д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник. Замечания:*

1. На стр. 10 говорится «...при достаточно больших давлениях, силами инерции можно пренебречь», при этом не уточняется, о каких величинах речь идет.

2. На стр. 18 непонятен термин «Критический», где ссылка на рис. 3 также не уточняет его суть.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием исследований по теме диссертационной работы и соответствует требованиям постановления Правительства РФ «О порядке присуждения ученых степеней». Выбранные оппоненты и ведущая организация являются признанными специалистами и компетентны в области исследования, выполненного соискателем, а также имеют публикации в соответствующем направлении. Работы оппонентов и ведущей организации опубликованы в рецензируемых изданиях за последние 5 лет (с 2017 по 2022 гг.), что свидетельствует об актуальности и новизне выполненных научно-исследовательских работ, а также

об их осведомленности в современных тенденциях развития в области расчета и проектирования зубчатых механизмов, в том числе планетарных передач.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложено новое техническое решение, позволяющее увеличить геометрическую степень сжатия в ПРМ с плавающими сателлитами;

доказана перспективность использования ПРМ в качестве компрессора и вакуумного насоса;

разработан метод геометрического расчета некруглых зубчатых колес ПРМ, в котором применен переход в единую систему отсчета, связанную с мнимым водилом;

введен термин: «выстои сателлитов», соответствующий нахождению плавающих сателлитов на участках центральной траектории постоянного радиуса. Новая разновидность пневомашин получила название «Планетарные роторные машины с выстоями плавающих сателлитов».

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изучены принципиальные возможности повышения степени сжатия, необходимого для использования ПРМ в пневмомашинах, а также влияние действующих на сателлиты ПРМ инерционных сил;

доказано положительное влияние инерционных сил в пневматических ПРМ с одинаковым числом волн центральных колес ($M=N$), которые характеризуются существенно разными углами зацепления в кинематических парах, образуемых сателлитом с солнечной шестерней и эпициклическим колесом;

изложены принципиальные условия, ограничивающие размеры подводных каналов ПРМ, а также метод расчета параметров каналов, расположенных в цилиндрической зубчатой поверхности солнечной шестерни;

раскрыта геометрическая «природа» затрудненного вращения ротора ПРМ («подклинивания»), зубчатые звенья которых получены по существовавшей ранее методике геометрического проектирования;

проведена модернизация алгоритма геометрического расчета круглозвенных планетарных механизмов применительно к механизмам с одинаковым числом зубьев центральных колес внешнего и внутреннего зацепления.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработана и внедрена при проектировании компрессоров на предприятиях АО «Курганавторемонт» и ООО «Вездеходы «Бурлак» методика геометрического расчета ПРМ с «выстоями сателлитов»;

определена ниша, которую могут занять компрессоры на базе ПРМ, заменив широко применяющиеся винтовые компрессоры;

предложен единый безразмерный критерий оценки относительных размеров каналов ПРМ с плавающими сателлитами;

созданы конструкции ПРМ с подводщими каналами в цилиндрической зубчатой поверхности солнечной шестерни, что позволило увеличить сечение каналов от 2 до 10 раз;

созданы конструкции ПРМ с «выстоями сателлитов», обеспечивающие геометрическую степень сжатия рабочей среды до 6-7;

представлены методические рекомендации о предпочтительности использования той или иной схемы ПРМ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные результаты работы получены на современном оборудовании с использованием поверенных средств измерения. Достоверность научных положений работы, подтверждена успешным испытанием работоспособных моделей ПРМ, сравнением результатов численного моделирования и экспериментальных исследований;

идея базируется на анализе результатов, полученных предшествующими исследователями ПРМ;

использованы положения теории механизмов и теории зубчатых зацеплений, аналитические методы решения алгебраических уравнений,

современные программы для вычисления, осуществляемые с помощью системы компьютерной математики и графики.

Личный вклад соискателя состоит в участии во всех этапах исследовательского процесса: постановке научной проблемы; выполнении обзора по теме исследования; формулировании идеологии исследования; обосновании способов решения проблемы и получении основных теоретических и экспериментальных научных результатов; подготовке основных публикаций по выполненной работе и в апробации результатов исследований.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. В работе не учитываются свойства использованных при проектировании ПРМ конструкционных материалов.

2. Не представлен учет погрешностей изготовления деталей ПРМ.

3. В описании экспериментальных исследований автор неоднократно использует размерности, отходя от положений Международной системы единиц.

4. В работе допущены неточности формулирования ряда определений и обозначений.

Соискатель Фадюшин Д.В. ответил на высказанные замечания:

«1. Диссертационная работа является частью комплексного исследования, выполняемого в Курганском государственном университете. Она посвящена решению геометрических задач. Вопросы, касающиеся свойств использованных конструкционных материалов, были рассмотрены в предыдущих работах членов нашего коллектива.

2. Диссертация, посвящена преимущественно задачам геометрии ПРМ. Исследования, направленные на повышение качества изготовления деталей пневмомашин, продолжаются.

3. Размерность «атм» использовалась при испытаниях ПРМ в режиме вакуумного насоса, так как измерялась величина полученного разряжения. При этом (в скобках) приведены величины остаточного давления в МПа.

4. С замечанием, касающемся неточности формулирования некоторых определений и ошибок в обозначениях, согласен».

На заседании 25.05.2022 г. диссертационный совет за решение научной задачи повышения характеристик пневматических роторных машин за счет модификации геометрических параметров планетарного механизма, имеющей значение для развития отрасли машиностроения, постановил присудить Фадюшину Денису Вячеславовичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 16, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета

Ю. В. Рождественский

Ученый секретарь
диссертационного совета

А.А. Абызов

25.05.2022 г.

